

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Энергетический

Направление подготовки 13.03.03 «Энергетическое машиностроение»

Кафедра Парогенераторостроения и парогенераторных установок

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Проект парового котла типа Е паропроизводительностью 170 т/ч взамен выработавших ресурс котлов Кузнецкой ТЭЦ

УДК 621.181.126.1-047.74

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5B21	Букат Михаил Евгеньевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Казаков А.В.	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Попова. С.Н.	-		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Романцов И.И.	К.Т.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ПГС и ПГУ	Заворин А.С.	Д.Т.Н.		

Томск – 2016 г.

Планируемые результаты обучения по ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
Универсальные компетенции		
P1	Готовность к самостоятельной индивидуальной работе и принятию решений в рамках своей профессиональной компетенции, способность к переоценке накопленного опыта и приобретению новых знаний в условиях развития науки и изменяющейся социальной практики, применению методов и средств обучения и самоконтроля, критическому оцениванию своих достоинств и недостатков, осознанию перспективности интеллектуального, нравственного, физического и профессионального саморазвития и самосовершенствования	Требования ФГОС (ОК-6,7,8), Критерий 5 АИОР (п. 1.1, п. 2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P2	Готовность к кооперации с коллегами, работе в коллективе для выбора путей достижения общей цели при выполнении комплексных инженерных задач, к обобщению и анализу различных мнений, участию в дискуссиях для принятия решений в нестандартных условиях и готовность нести за них ответственность	Требования ФГОС (ОК-1,3,4,12), Критерий 5 АИОР (п. 2.2., п. 2.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P3	Понимание сущности и значения информации в развитии современного общества и профессиональной среды, владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации и использования их для решения коммуникативных задач, в том числе с применением государственного и одного из иностранных языков	Требования ФГОС (ОК-2,11,15), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P4	Способность и готовность понимать движущие силы, закономерности и место человека в историческом процессе, ответственно участвовать в политической жизни с соблюдением прав и обязанностей гражданина, моральных и правовых норм общества, анализировать социально и экономически значимые проблемы, и процессы с использованием методов гуманитарных, социальных и экономических наук, быть активным субъектом экономической деятельности	Требования ФГОС (ОК-5, 9, 10, 14), Критерий 5 АИОР (п. 2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P5	Способность к эстетическому развитию и самосовершенствованию, бережному отношению к историческому и культурному наследию, уважению многообразия культур и цивилизаций, к физическому самовоспитанию, сохранению и укреплению здоровья для обеспечения полноценной деятельности; осведомленность в вопросах охраны здоровья, безопасности жизнедеятельности и труда в энергетическом машиностроении и теплоэнергетике	Требования ФГОС (ОК-13,16, ПК-5, 16), Критерий 5 АИОР (п. 2.5, п. 2.6.), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Профессиональные компетенции		
P6	Готовность применять базовые и специальные математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для моделирования, проектирования и совершенствования объектов профессиональной деятельности и процессов в энергетическом машиностроении	Требования ФГОС (ПК-1,2,3), Критерий 5 АИОР (п. 1.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P7	Готовность решать инновационные задачи инженерного анализа, связанные с созданием и эксплуатацией энергетических машин, аппаратов и установок с использованием системного анализа и формировать законченное представление о принятых решениях средствами нормативно-технической и графической информации	Требования ФГОС (ПК-4,6,7,8), Критерий 5 АИОР (п. 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
P8	Способность и готовность выполнять инженерные проекты с применением современных методов проектирования для достижения оптимальных результатов, соответствующих техническому заданию и требованиям ЕСКД с учетом экономических и экологических ограничений, подтверждать знания теоретических основ рабочих процессов в энергетических машинах и аппаратах	Требования ФГОС (ПК-9,10,11,12,13), Критерий 5 АИОР (п. 1.3.), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P9	Способность и готовность планировать и выполнять численные и экспериментальные исследования инженерных задач, проводить обработку и анализ результатов, участвовать в испытаниях объектов энергетического машиностроения по заданной программе	Требования ФГОС (ПК-14,15), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P10	Способность и готовность осваивать новые технологические процессы и виды оборудования; использовать технические средства для измерения основных параметров котлов, парогенераторов, камер сгорания, теплообменников разного назначения, проверять техническое состояние и остаточный ресурс действующего технологического оборудования, осуществлять монтажно-наладочные и сервисно-эксплуатационные работы на энергетических объектах после непродолжительной профессиональной адаптации	Требования ФГОС (ПК-17,18,19,20,21), Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P11	Способность и готовность проводить технико-экономическое обоснование решений с применением элементов экономического анализа, соблюдать и обеспечивать производственную и трудовую дисциплину и осуществлять организационно-управленческую работу с малыми коллективами	Требования ФГОС (ПК-22,23,24), Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

Министерство образования и науки Российской Федерации
 Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
 высшего профессионального образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Энергетический

Направление подготовки (специальность) 13.03.03 «Энергетическое машиностроение»

Кафедра Парогенераторостроения и парогенераторных установок

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой ПГС и ПГУ

_____ А.С. Заворин

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
5В21	Букату Михаилу Евгеньевичу

Тема работы:

Проект парового котла типа Е паропроизводительностью 170 т/ч взамен выработавших ресурс котлов Кузнецкой ТЭЦ

Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

7.06.16

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

Исходные данные к работе	Паропроизводительность $D = 170$ т/ч; Давление в барабане $P_6 = 11,8$ МПа; Давление перегретого пара $P_{пп} = 10$ МПа; Температура перегретого пара $t_{пп} = 510$ °С; Температура питательной воды $t_{пв} = 210$ °С; Сжигаемое топливо Кузнецкий Т (№34); Рабочая влажность $W_t^r = 8\%$; Рабочая зольность $A^r = 16\%$; Величина непрерывной продувки $p = 3\%$.
---------------------------------	--

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1 Введение (с обоснованием актуальности темы и цели работы) 2 Тепловой расчет топочной камеры 3 Тепловой расчет поверхностей нагрева парового котла 4 Расчет на прочность барабана и КПП2. 5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 6 Социальная ответственность 7 Заключение, в т.ч. на иностранном языке.
Перечень графического материала	Продольный разрез котла (чертеж общего вида; формат А1) – 1 лист; Поперечные разрезы котла (чертеж общего вида; формат А1) – 1 лист; Горизонтальный разрез котла и вид сверху (чертеж общего вида; формат А1 или А2) – 1 лист. Развертка барабана (чертеж общего вида; формат А3) – 1 лист.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Попова Светлана Николаевна
Социальная ответственность	Романцов Игорь Иванович
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	08.02.2016 г.
---	---------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Казаков А.В.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5В21	Букат Михаил Евгеньевич		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
5B21	Букачу Михаилу Евгеньевичу

Институт	Энергетический	Кафедра	ПГС и ПГУ
Уровень образования	бакалавр	Направление/специальность	Энергетическое машиностроение

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Средняя стоимость 1 м ³ производственного здания – 1200 руб/ м ³ ; цена натурального топлива – 1100 руб/т.; стоимость 1 Гкал/ч потребляемой энергии – 14,23 руб.; стоимость 1 Гкал/ч заявленной мощности – 289,67 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Паропроизводительность котла – 170 т/ч.; установочная мощность токоприемников парогенератора – 48 кВт; число часов использования установленной мощности – 6500 ч; часовой расход воды в котле – 10% от паропроизводительности..
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления на социальные нужды – 0,968%; амортизационные отчисления на капитальный ремонт и реновацию – 1,619%.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Анализ конкурентоспособности технических решений
2. Определение капитальных вложений в проектируемый паровой котел
3. Определение годовых эксплуатационных издержек

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Попова Светлана Николаевна	К.Э.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5B21	Букач Михаил Евгеньевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5В21	Букату Михаилу Евгеньевичу

Институт	ЭНИН	Кафедра	ПГС и ПГУ
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Энергетическое машиностроение

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования)	1. Кузбасский филиал ООО «Сибирская генерирующая компания» ОАО «Кузнецкая ТЭЦ». - вредные производственные факторы: шум, освещенность, продукты сгорания органического топлива, микроклимат; -опасные производственные факторы: падение человека с высоты, термический ожог острым паром, отравление продуктами сгорания органического топлива, поражение электрическим током; -воздействие на окружающую среду дымовых газов, золы и шлака; -чрезвычайные ситуации: взрыв котельного агрегата, землетрясение, пожар.
2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме	2. СанПиН 2.2.6.1191–03. СН 2.2.4/2.1.8.562–96. СН 2.2.4/2.1.8.566–96. ГН 2.2.5.1313–03. ГОСТ 12.1.010–76 ССБТ.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды	1. Шум раздражает центральную нервную систему. Так же из за шума происходят головные боли, ухудшения слуха, и даже тошнота. Освещенность парового котла должна быть в соответствии с требованиями, иначе недостаток или избыток света может пагубно повлиять на здоровье работника. Основные загрязняющие вещества – это сажа, диоксид серы, оксиды азота, углерода, в частности, угарный газ (CO), соединения тяжёлых металлов, канцерогенный бензапирен (C ₂₀ H ₁₂). Точный состав выбросов разнится в зависимости от типов применяемых котлов и вида сжигаемого топлива.
2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды	2. Падение с высоты является серьезным инцидентом, происходящим на разных предприятиях разного уровня. Падение с высоты приводит к телесным повреждениям за счет контакта между упавшим и источником травмы. При контакте человека с работающим механизмом велика вероятность получения травмы. Высокие скорости ,большие габариты, огромный вес деталей-все это

	<i>может причинить огромный урон.</i>
3. <i>Охрана окружающей среды</i>	<i>3. Охрана окружающей среды. Выбросы в атмосферу – твердые частицы зола, оксиды серы, оксиды азота. При неполноте сгорания топлива – угарный газ, углеводороды, безапирен.</i>
4. <i>Защита в чрезвычайных ситуациях</i>	<i>Защита в чрезвычайных ситуациях. Перечень возможных ЧС на объекте. Разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.</i>
5. <i>Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности</i>	<i>-Экологическая безопасность; -Охрана труда; -Чрезвычайные ситуации.</i>
Перечень графического материала:	
<i>При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)</i>	-

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Романцов Игорь Иванович	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5В21	Букат Михаил Евгеньевич		

Реферат

Выпускная квалификационная работа состоит из 146 страниц, четырех приложений, двух рисунков, девяти таблиц, 14 использованных источников и четырех листов графического материала.

Ключевые слова: расчет на прочность, номинальная толщина стенки, допускаемые напряжения, гидроиспытания, суммарная прибавка к расчетной толщине стенки.

Цель данной работы состоит в разработке и конструировании парового агрегата для замены котлов, выработавших ресурс на Кузнецкой ТЭЦ в городе Новокузнецк, а так же расчет номинальной толщины стенки барабана и КПП2.

По полученным результатам был сконструирован котельный агрегат марки Е-170-10-510-ТЖ.

Технологические характеристики: $\eta_{\text{котла}}=88,98 \%$; ШБМ; ЖШУ; установлены вихревые лопаточно-лопаточные горелки; марка угля: Кузнецкий Т.

Конструктивные характеристики: $a_{\text{тп}}=7462$ мм; $b_{\text{тп}}=4902$ мм.

Параметры перегретого пара: $D_{\text{тп}}=170$ т/ч; $P_{\text{тп}}=10$ МПа; $t_{\text{тп}}=510$ °С.

Степень внедрения: результаты данного расчета будут использоваться в качестве примера работы в дисциплине «Паровые котлы».

Экономическая значимость работы: показатели экономической эффективности рассчитаны в разделе 5.

Обозначения и сокращения

ШБМ – шаро-барабанная мельница;

ЖШУ – жидкое шлакоудаление;

КПП – конвективный пароперегреватель;

ВП – воздухоподогреватель;

ВЭК – водяной экономайзер;

ШПП – ширмовый пароперегреватель;

ТЭ – топочные экраны;

ПП – перегретый пар;

ПВ – питательная вода;

ГВ – горячий воздух;

ХВ – холодный воздух;

ГЗУ – канал гидро-золоудаления;

ПО – пароотводящие трубы;

ОП – опускные трубы;

Т – тощий.

ТЭЦ – тепло-электроцентраль.

Оглавление

Введение	13
1 Обзор литературы	14
2 Объект и методы исследования	14
3 Тепловой расчет топочной камеры	15
4 Тепловой расчет и конструирование поверхностей нагрева парового котла	16
5 Расчета на прочность барабана	17
5.1 Развёртка барабана	18
5.2 Суммарная прибавка к расчетной толщине стенки	21
5.3 Проверка на возможность проведения гидроиспытаний	22
5.4 Допускаемое давление для гидроиспытаний	22
5.5 Расчет эллиптического днища барабана	23
5.6 Проверка возможности проведения гидроиспытаний	24
6 Расчет на прочность КПП2	25
6.1 Исходные данные	25
6.2 Определение толщины стенки прямого участка	26
6.3 Коэффициент теплопроводности металла стенки	26
6.4 Расчет растечки тепла	27
6.5 Определение толщины стенкигиба	27
6.6 Коэффициенты формы сечения	28
6.7 Номинальные толщины стенки для различных сторон	29
6.8 Второе приближение	30
6.9 Проверка возможности проведения гидравлического испытания	33
7 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	35
7.1 Анализ конкурентоспособности технических решений	35
7.2 Характеристика проектируемого котельного агрегата	37
7.3 Расчет капитальных вложений в проектируемый паровой котел	38
7.4 Расчет годовых эксплуатационных расходов	40
7.5 Расчет затрат на топливо	41
7.6 Расчет амортизационных отчислений	41
7.7 Расчет затрат на текущий ремонт	41
7.8 Расчет затрат на воду	41
7.9 Расчет затрат на электроэнергию	42
7.10 Расчет заработной платы обслуживающего персонала	42
7.11 Расчет отчислений на социальные цели	44
7.12 Расчет прочих расходов	44
8 Социальная ответственность	46
8.1 Анализ опасных и вредных факторов	46
8.2 Обеспечение безопасности от опасных производственных факторов	46
8.3 Обеспечение защиты от вредных производственных факторов	47
8.4 Пожарная безопасность	50

8.5	Охрана окружающей среды.....	53
8.6	Чрезвычайные ситуации.....	54
	Заключение.....	55
	Список используемых источников.....	57
	Приложение А.....	59
	Приложение Б.....	60
	Приложение В.....	61
	Приложение Г.....	84

Введение

Основной задачей данной работы является разработка котельного агрегата определенных параметров, для замены уже существующих котлов на Кузнецкой ТЭЦ. Следовательно, нужно произвести обзор литературы по данной теме. Далее выполнить расчет котельного агрегата по заданным параметрам: паропроизводительность, давление перегретого пара, давление в барабане, температура перегретого пара, температура питательной воды, температура холодного воздуха, температура горячего воздуха, процент непрерывной продувки. При расчете необходимо следовать определенной методике, принимать конструктивные решения возникших проблем при расчете. Так же следует рассчитать на прочность такие важные элементы котла как барабан и конвективный пароперегреватель. Данные элементы должны с запасом выдерживать напряжения, возникающие внутри объекта.

Далее необходимо исследовать проект со стороны ресурсоэффективности и ресурсосбережения, оценить стоимость топлива и полученного продукта, произвести расчет расходов, амортизационных отчислений и зарплат.

Так же необходимо уделить особое внимание охране окружающей среды и труда. Рассмотреть вредные и опасные производственные факторы, а так же, методы защиты людей от этих факторов. Установить основные причины загрязнения окружающей среды, и способы борьбы с ними. Проработать методику проведения организационных мероприятий по профилактике чрезвычайных ситуаций.

1 Обзор литературы

На сегодняшний момент котлостроение в России является одной из самых крупных отраслей в энергетике. Развитие данной отрасли в большей степени зависит от конкурентоспособности зарубежных производителей, и вложения инвестиций в нашу энергетику. По сравнению с Европой, мы отстаем в таких аспектах, как защита окружающей среды и производство котлов на альтернативном котельном топливе. Плюс к этому мы отстаем от зарубежных котлостроительных компаний в плане автоматики, химводоподготовки и конструировании топочных камер. Все эти проблемы как раз и толкают отечественных производителей внедрять новые идеи на реализацию для улучшения качества котельных агрегатов, повышение и укрепление позиции на мировом рынке. [15]

2 Объект и методы исследования

Объектом исследования является котельный агрегат Е – 170 – 10 – 10 – ТЖ. При помощи прикладной программы Mathcad 15 были получены результаты по расчетам топочной камеры и результаты по тепловому расчету всех поверхностей нагрева котла. Далее, используя прикладную программу Компас 3D V 16 были построены разрезы Б – Б, В – В, Г – Г и вид сверху.

7 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В условиях рыночной экономики устойчивое развитие предприятия может быть обеспечено только при поддержании его финансовой системы на соответствующем уровне. Заметно возрастает значение технико-экономического обоснования инженерных решений. Такое обоснование позволяет находить оптимальные решения при проектировании котельного агрегата и его элементов, предотвращать излишние затраты, повышать надежность конструкции.

Целью данного раздела является оценка конкурентоспособности разработки, а так же расчет капитальных инвестиций и годовых эксплуатационных расходов проектируемого котельного агрегата.

7.1 Анализ конкурентоспособности технических решений

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, проводится систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим конкурентам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

С этой целью может быть использована вся имеющаяся информация о конкурентных разработках:

- технические характеристики разработки;
- конкурентоспособность разработки;
- уровень завершенности научного исследования;
- бюджет разработки;
- уровень проникновения на рынок;
- финансовое положение конкурентов, тенденции его изменения и т.д.

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты, которая приведена в таблице 2. Для сравнения выбраны проектируемый котел и котел на ТЭЦ ОАО «ДГК».

Таблица 2 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкуренто-способность	
		Б _ф	Б _{к1}	К _ф	К _{к1}
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
Повышение производительности труда пользователя	0,07	3	2	0,21	0,14
Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,13	4	3	0,52	0,39
Помехоустойчивость	0,03	4	4	0,12	0,12
Энергоэкономичность	0,10	3	3	0,30	0,30
Надежность	0,20	4	3	0,80	0,60
Уровень шума	0,04	2	1	0,08	0,04
Безопасность	0,20	4	3	0,80	0,60
Экономические критерии оценки эффективности					
Конкурентоспособность продукта	0,03	4	3	0,12	0,09
Уровень проникновения на рынок	0,04	1	1	0,04	0,04
Цена	0,06	2	2	0,12	0,12
Предполагаемый срок	0,10	5	4	0,500	0,40

эксплуатации					
Итого	1	36	29	3,61	2,84

Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения, приведенные в таблице 5.1 подбираются исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации.

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \cdot B_i, \quad (7.1)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Уязвимость позиции конкурентов обусловлена главным образом устареванием эксплуатируемого оборудования и его износом. Следовательно, предполагаемый срок эксплуатации у конкурентного оборудования будет меньше.

Главное конкурентное преимущество разработки – её новизна. Это делает её более надежной в сравнении с конкурентом, а так же более легкой в эксплуатации, что способствует повышению производительности труда рабочих. Удобство в эксплуатации так же сказывается на стоимости производимого пара в сторону её удешевления.

7.2 Характеристика проектируемого котельного агрегата

Паровой котел с естественной циркуляцией, П-образной компоновки, однокорпусный. Проектным топливом является Кузнецкий тощий уголь.

Номинальные значения основных параметров выделены в таблице 3.

Таблица 3 – Номинальные значения основных параметров котельного агрегата Е-170-10-510

Название	Обозначение	Единица измерения	Значение
Паропроизводительность	D	т/ч	170
Давление перегретого пара	P _{пп}	МПа	10
Температура перегретого пара	t _{пп}	°С	510
Температура питательной воды	t _{пв}	°С	220
Температура уходящих газов	ϑ _{ух}	°С	136
КПД котла(брутто)	η _{ка}	%	88,89
Расчетный расход топлива	B _p	кг/с	5,17

7.3 Расчет капитальных вложений в проектируемый паровой котел

На стадии предварительных экономических расчетов капитальные вложения можно определять по формуле (разработка ЦКТИ им. Ползунова):

$$\begin{aligned}
 K &= C_{\text{пол}} + C_{\text{пол}} \cdot P_{\text{н}} / 100 + K_{\text{тр}} + K_{\text{пот}} + K_{\text{стр}} = \\
 &= 59270000 + 59270000 \cdot 20 / 100 + \\
 &+ 483000 + 4974000,0 + 2859000 = 79440000 \text{ руб.},
 \end{aligned}
 \tag{7.2}$$

где $C_{\text{пол}}$ – полная себестоимость ПГ;

$P_{\text{н}}$ – средняя рентабельность по парогенераторостроению (20 %);

$K_{\text{тр}}$ – транспортно–заготовительные расходы (2 % от $C_{\text{пол}}$);

$K_{\text{пот}}$ – сопутствующие затраты у потребителя;

$K_{\text{стр}}$ – затраты на строительную часть у потребителя.

Суть данной разработки заключается в том, что себестоимость изготовления ПГ ставится в зависимость от его параметров, которые в качестве коэффициентов вводятся в данную формулу:

$$C_{\text{пол}} = D \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7 \cdot K_8 \cdot 2000 \cdot K_{\text{пер}} = \\ = 170 \cdot 0,964 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,15 \cdot 1,12 \cdot 1,04 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2000 \cdot 135 = 59270000 \text{ руб.} \quad (7.3)$$

где D – часовая паропроизводительность проектируемого ПГ;

K_1 – паропроизводительность проектируемого ПГ (при паропроизводительности в 170 т/ч принимается равным 0,964);

K_2 – параметры пара (при перегреве пара до 510 °С и давлении до 10 МПа принимается равным 1);

K_3 – перегрев пара (при отсутствии промперегрева принимается $K_3=1$);

K_4 – способ поставки (при поставке блоками принимается равным 1,15);

K_5 – вид топлива (при сжигании тощих углей принимается равным 1,12);

K_6 – компоновка ПГ (при П-образной компоновке принимается $K_6=1,04$);

K_7 – число корпусов (по числу корпусов принимается равным 1);

K_8 – тип ПГ (для барабанных котлов принимается равным 1),

$K_{\text{пер}}$ – коэффициент пересчета на современные цены (принимается $K_{\text{пер}}=135$).

Удельная себестоимость ПГ выбранного за основу расчета:

$$K_{\text{пот}} = K_{\text{м}} + K_{\text{обм}} = 1932000,0 + 2415000,0 = 4374000,0 \text{ руб.} \quad (7.4)$$

где $K_{\text{м}}$ – затраты на монтаж, 8% от цены котла,

$K_{\text{обм}}$ – затраты обмуровку, 10% от цены котла (определяются косвенно).

Стоимость строительства:

$$K_{\text{стр}} = K_{\text{зд}} + K_{\text{ф}}. \quad (7.5)$$

где $K_{\text{зд}}$ – стоимость здания, приходящаяся на ПГ;

$K_{\text{ф}}$ – стоимость фундамента.

В свою очередь:

$$K_{\text{зд}} = S_{\text{м}} \cdot k_{\text{дп}} \cdot \Pi_{\text{зд}} \cdot h_{\text{кот}} = 165 \cdot 2 \cdot 1200 \cdot 34 = 1346000,0 \text{ руб.}, \quad (7.6)$$

$$K_{\text{ф}} = D \cdot k_{\text{ф}} = 170 \cdot 8898 = 1513000,0 \text{ руб.}; \quad (7.7)$$

где $S_{\text{м}}$ – площадь парогенератора, м²;

$\Pi_{зд}$ - стоимость квадратного метра фундамента, руб. за кв. метр;

$h_{кот}$ – высота котельного цеха (верхняя отметка ПГ+3–4м);

k_{ϕ} – коэффициент, учитывающий влияние производительности котла на стоимость фундамента, $k_{\phi}=КПД \cdot 10^6$.

С учетом (5.3.5) и (5.3.6) стоимость строительства:

$$K_{стр} = 1513000 + 1346000 = 2859000,0 \text{ руб.} \quad (7.8)$$

Результаты расчетов представлены в таблице 6.

Таблица 4 – Сводная таблица капитальных вложений (инвестиций)

Состав капитальных вложений	Величина	
	Тыс.руб	%
Себестоимость парогенератора	59270	74,61
Затраты на монтаж	1932	2,432
Затраты на обмуровку	2415	3,04
Стоимость строительства	2859	3,599
Транспортно-заготовительные расходы	483	0,608
Наценка на ПГ	12480	15,71
Общие капитальные вложения	79440	100

7.4 Расчет годовых эксплуатационных расходов

Расходы, составляющие себестоимость продукции ПГ (пар, тепло) состоят из следующих статей затрат:

- $I_{топ}$ – затраты на топливо;
- I_a – амортизационные расходы;
- $I_{т.р.}$ – затраты на текущий ремонт;
- I_b – затраты на воду;

- $I_{\text{в}}$ – затраты на воду;
- $I_{\text{э}}$ – затраты на электроэнергию (на собственные нужды);
- $I_{\text{зп}}$ – заработная плата обслуживающего ПП персонала;
- $I_{\text{пр}}$ – прочие расходы.

Тогда годовые эксплуатационные расходы на производство пара (тепла) будут иметь вид:

$$I_{\text{год}} = I_{\text{топ}} + I_{\text{а}} + I_{\text{т.р.}} + I_{\text{в}} + I_{\text{э}} + I_{\text{зп}} + I_{\text{пр}}. \quad (7.9)$$

7.5 Расчет затрат на топливо

$$\begin{aligned} I_{\text{топ}} &= B_{\text{р}} \cdot h_{\text{год}} (1 + B_{\text{пот}}/100) \Pi_{\text{т.н.т.}} = \\ &= 18,612 \cdot 6500 (1 + 7/100) 1100 = 142400 \text{ тыс.руб.} \end{aligned} \quad (7.10)$$

$$B_{\text{р}} = 5,17 \text{ кг/с} = 18,612 \text{ т/ч};$$

где $B_{\text{р}}$ – часовой расход натурального топлива, т/час;

$h_{\text{год}}$ – число часов использования установленной мощности, час/год;

$B_{\text{пот}}$ – суммарная величина потерь топлива на территории котельной в % от годового потребления топлива;

$\Pi_{\text{т.н.т.}}$ – цена натурального топлива, с учетом доставки 1100 руб/т.

7.6 Расчет амортизационных отчислений

$$I_{\text{а}} = p_{\text{н}} \cdot K = 0,037 \cdot 79440 = 2939,38 \text{ тыс.руб.} \quad (7.11)$$

где $p_{\text{н}}$ – норма амортизационных отчислений на капитальный ремонт и на реновацию $p_{\text{н}} = 3,7 \%$;

K – капитальные вложения.

7.7 Расчет затрат на текущий ремонт

$$I_{\text{тр}} = 0,2 \cdot I_{\text{а}} = 0,2 \cdot 2939,38 = 587,856 \text{ тыс.руб.} \quad (7.12)$$

7.8 Расчет затрат на воду

Определяются затраты на воду, которая потребляется для добавки в цикл с целью компенсации потери ее из цикла и для хозяйственных нужд.

$$И_в = D_в \cdot h_{год} \cdot Ц_в = 17 \cdot 6500 \cdot 73 = 8066 \text{ тыс.руб.} \quad (7.13)$$

где $D_в$ – часовой расход воды, т/час;

$Ц_в$ – стоимость воды с учетом химводоочистки.

7.9 Расчет затрат на электроэнергию

Расходы на электроэнергию (на собственные нужды) определяются по двуставочному тарифу:

$$\begin{aligned} И_э &= N_{уст} \cdot h_{год} \cdot K_в \cdot K_п \cdot Ц_э + N_{уст} \cdot Ц_{кв} = \\ &= 48 \cdot 6500 \cdot 0,9 \cdot 0,9 \cdot 1,98 + 48 \cdot 210 = 511,9 \text{ тыс.руб.} \end{aligned} \quad (7.14)$$

где $N_{уст}$ – установочная мощность токоприемников ПГ, кВт;

$K_в, K_п$ – коэффициенты времени и потерь эл. энергии;

$Ц_э$ – тариф на потребленную эл. энергию;

$Ц_{кв}$ – стоимость кВт на заявленную мощность.

7.10 Расчет заработной платы обслуживающего персонала

Расходы на содержание обслуживающего персонала складываются из: заработной платы эксплуатационного, ремонтного и управленческого персонала котельного цеха на один парогенератор. Прямая заработная плата определится из штатного расписания котельного цеха и должностных окладов, приведенных в таблице 5.

Таблица 5. – Штатное расписание котельного цеха

Наименование должностей	Норма обслуживания в смену	Месячный оклад руб./чел.	Месячный оклад руб./ПГ
Старший машинист	3	22000	22000
Машинист котлов 4 разряда	2	19000	19000
Машинист котлов 3 разряда	1	18000	18000
Машинист багерной насосной	6	16800	16800
Машинист насосных	3	16500	16500
Машинист обходчик по оборудованию	3	16000	16000
Котлочист	3	15000	5000

Зольщик	3	14500	4833
Слесарь по ремонту	2	14200	7100
Дежурный слесарь	6	13800	2300
Дежурный электрик	6	13800	2300
Электросварщик	6	14000	2333,33
Газосварщик	6	14100	2350
Газорезчик	6	14100	2350
Печник	3	14500	4833,33
Крановщик	6	13500	2250
Токарь	6	13800	2300
Кладовщик	3	12500	4166,67
Уборщица	3	6000	2000
Итого	34	282100	152409
Нач. цеха	1	35000	5833
Зам. нач. цеха	1	28000	4666
Нач. смены	3	23000	23000
Ст. мастер	1	18000	3000
Мастер	3	17000	2833
Итого	9	121000	39332
Всего по котельному цеху	43	403100	191741

Основная заработная плата обслуживающего персонала:

$$\begin{aligned} \Pi_{\text{осн}}^{\text{оп}} &= 3\Pi^{\text{оп}} + 3\Pi^{\text{оп}}(k_{\text{доп}} + k_{\text{прем}} + k_{\text{рк}}) = \\ &= 152409 + 152409(0,2 + 0,43 + 0,3) = 294,100 \text{ тыс. руб.} \end{aligned} \quad (7.15)$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент, учитывающий доплаты до часового фонда времени;

$k_{\text{прем}}$ – коэффициент, учитывающий премии;

$k_{\text{рк}}$ – районный коэффициент.

Дополнительная заработная плата обслуживающего персонала :

$$\Pi_{\text{доп}}^{\text{оп}} = 0,8 \cdot 3\Pi^{\text{оп}} = 0,8 \cdot 152409 = 121,900 \text{ тыс. руб.} \quad (7.16)$$

Общая заработная плата обслуживающего персонала:

$$\Pi_{\text{общ}}^{\text{оп}} = \Pi_{\text{осн}}^{\text{оп}} + \Pi_{\text{доп}}^{\text{оп}} = 294,100 + 121,900 = 416,100 \text{ тыс. руб.} \quad (7.17)$$

Основная заработная плата руководящего персонала:

$$\begin{aligned} \Pi_{\text{осн}}^{\text{рук}} &= 3\Pi^{\text{рук}} + 3\Pi^{\text{рук}}(k_{\text{прем}} + k_{\text{рк}}) = \\ &= 39332 + 39332(0,43 + 0,3) = 68,04 \text{ тыс. руб.} \end{aligned} \quad (7.18)$$

$k_{\text{прем}}$ – коэффициент учитывающий премии;

$k_{\text{рк}}$ – районный коэффициент.

Дополнительная заработная плата руководящего персонала:

$$П_{\text{доп}}^{\text{рук}} = 0,08 \cdot 3П^{\text{рук}} = 0,08 \cdot 39332 = 3,147 \text{ тыс. руб.} \quad (7.19)$$

Общая заработная плата руководящего персонала:

$$П_{\text{общ}}^{\text{рук}} = П_{\text{осн}}^{\text{рук}} + П_{\text{доп}}^{\text{рук}} = 68,04 + 3,147 = 71,187 \text{ тыс. руб.} \quad (7.20)$$

Затраты на заработную плату:

$$И_{\text{зп}} = 12(П_{\text{общ}}^{\text{оп}} + П_{\text{общ}}^{\text{рук}}) = 12(416,100 + 71,187) = 5856 \text{ тыс. руб.} \quad (7.21)$$

7.11 Расчет отчислений на социальные цели

Расчет производится по формуле:

$$\text{ОСЦ} = 0,3 \cdot 3П_{\text{общ}} = 0,3 \cdot 5856 = 1757 \text{ тыс.руб.} \quad (7.22)$$

7.12 Расчет прочих расходов

Прочие расходы принимаются как 12 % от ранее найденных годовых эксплуатационных расходов.

Таким образом, можно рассчитать эксплуатационные расходы. Данные расчетов представлены в таблице 6.

Таблица 6. – Эксплуатационные расходы

Наименование затрат	Обозначение	Величина, тыс. руб.	Уд. Вес %
Затраты на топливо	$И_{\text{топ}}$	142400	78,41
Амортизационные отчисления	$И_{\text{а}}$	2939,38	1,62
Затраты на текущий ремонт	$И_{\text{тр}}$	587,86	0,32
Затраты на воду	$И_{\text{в}}$	8066	4,44
Затраты на электроэнергию	$И_{\text{э}}$	511,90	0,28

Заработная плата	$I_{\text{зп}}$	5856	3,23
Отчисления на соц. цели	$I_{\text{соц}}$	1757	0,97
Прочие расходы	$I_{\text{пр}}$	19450	10,71
Итого	$I_{\text{год}}$	181600	100,00

Анализ данных эксплуатационных расходов показывает, что наибольшими затратами являются затраты на топливо 78,414% от общих затрат). Следующими по значимости являются амортизационные отчисления и прочие расходы. Таким образом, определяющим фактором в величине эксплуатационных расходов является сжигаемое топливо, а именно: его стоимость, качество, транспортный тариф, дальность расположения от станции и сложности в транспортировке и хранении.

Себестоимость выработанной тонны пара:

$$C_{\text{выр}} = I_{\text{год}}/D_{\text{год}} = 181600/1105000 = 164,34 \text{ руб./т}, \quad (7.23)$$

где $D_{\text{год}}$ – тонн пара произведенных за год,

$$D_{\text{год}} = h_{\text{год}} \cdot D = 6500 \cdot 170 = 1105000 \text{ т}. \quad (7.24)$$

Себестоимость отпущенной тонны пара:

$$C_{\text{отп}} = I_{\text{год}}/D_{\text{отп}} = 181600/1049750 = 172,99 \text{ руб./т}, \quad (7.25)$$

где $D_{\text{отп}}$ – отпущенный пар,

$$D_{\text{отп}} = D_{\text{год}} - D_{\text{с.н}} = 1105000 - 55250 = 1049750 \text{ т}, \quad (7.26)$$

$D_{\text{сн}}$ – годовой расход пара на собственные нужды (5 % от $D_{\text{год}}$).

Расчет капитальных инвестиций и годовых эксплуатационных расходов, а так же анализ конкурентных технических решений позволили доказать и обосновать технико-экономическую целесообразность эксплуатации спроектированной установки. Благодаря этому можно избежать излишних затрат, а так же повысить конкурентоспособность и надежность котлоагрегата. Тариф на теплоэнергию в городе Новокузнецке на январь 2016 года составляет 795,15 руб/Гкал. В моем расчете тариф равен 289,67 руб/Гкал. Но даже при такой цене на тепло, доходы будут покрывать затраты.